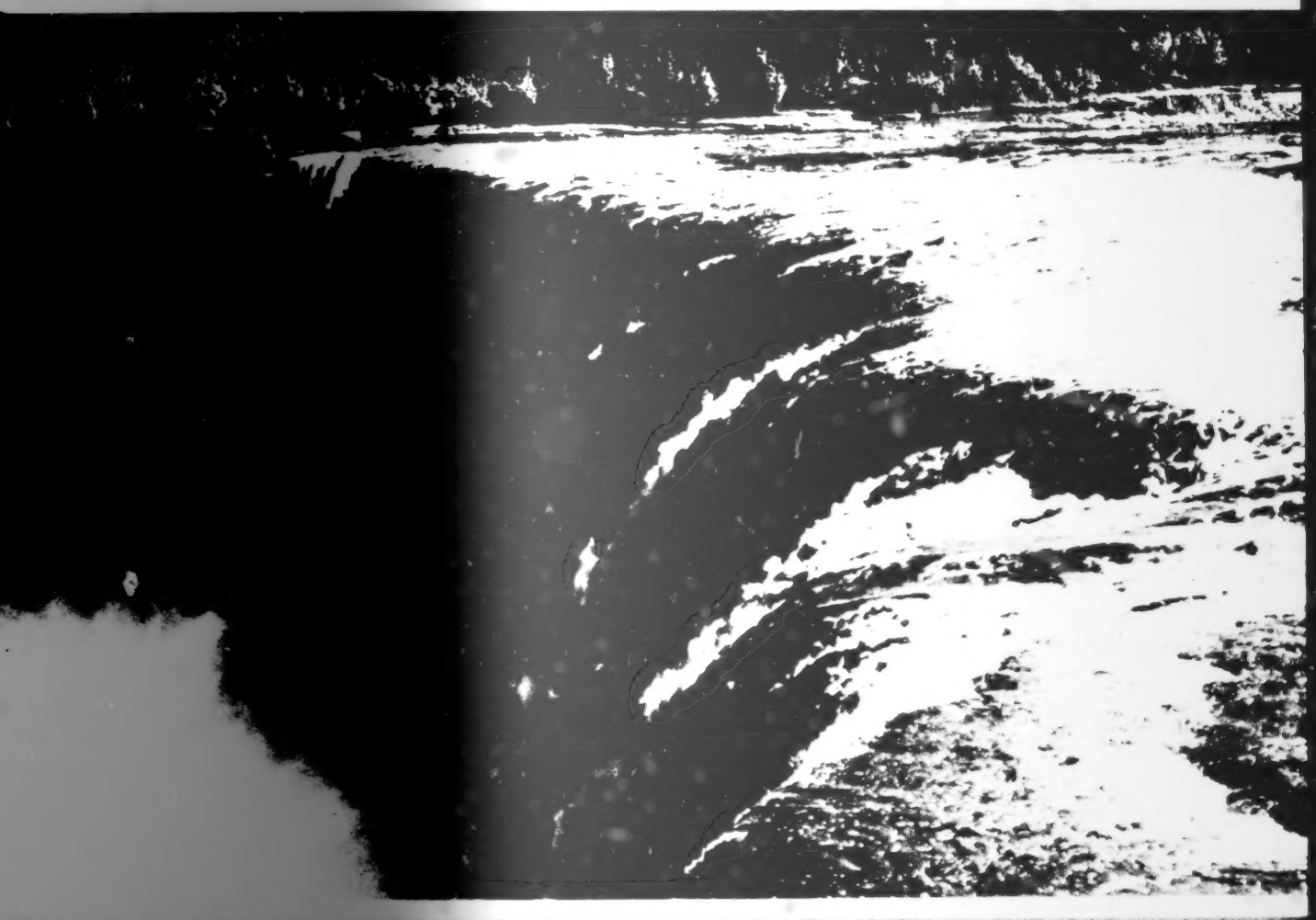
Environment Canada | Environnement Canada

COLLECTION DES RAPPORTS TECHNIQUES,
ÉTUDE GÉNÉRALE DES EAUX
INTÉRIEURES)



Environnement Canada Environment Canada

Sensibilité des provinces de l'Atlantique aux précipitations acides

T.A. Clair,* J.P. Witteman† et S.H. Whitlow‡

* Direction de la qualité des eaux
Direction générale des eaux intérieures
Région de l'Atlantique
Moncton (Nouveau-Brunswick)
E1C 8N6

† Service de la protection de l'environnement
1901, av. Victoria
Regina (Saskatchewan)
S4P 3R4

‡ Direction de la qualité des eaux
Direction générale des eaux intérieures
Ottawa (Ontario)
K1A 0E7

ÉTUDE N° 124, COLLECTION DES RAPPORTS TECHNIQUES

DIRECTION GÉNÉRALE DES EAUX INTÉRIEURES
RÉGION DE L'ATLANTIQUE
DIRECTION DE LA QUALITÉ DES EAUX
MONCTON (NOUVEAU-BRUNSWICK) 1982

Canada

© Ministre des Approvisionnements et Services Canada 1983

N° de cat. En 36-503/124F

ISBN 0-662-92044-9

Table des matières

	Page
RESUME	v
ABSTRACT	v
INTRODUCTION	1
METHODES	1
RESULTATS ET DISCUSSION	3
REMERCIEMENTS	4
REFERENCES	4

Illustrations

Figure 1.	Isoplèthes du pH au Nouveau-Brunswick, en Nouvelle-Ecosse et dans l'Ile-du-Prince-Edouard	9
Figure 2.	Indices de saturation en calcite au Nouveau-Brunswick, en Nouvelle-Ecosse et dans l'Ile-du-Prince-Edouard	10
Figure 3.	Isoplèthes du pH dans l'île de Terre-Neuve	11
Figure 4.	Indices de saturation en calcite dans l'île de Terre-Neuve	12
Figure 5.	Isoplèthes du pH au Labrador	13
Figure 6.	Indices de saturation en calcite au Labrador	14

Résumé

On a estimé les courbes du pH moyen et de la sensibilité à l'acidification dans les provinces de l'Atlantique à partir de données sur la qualité de l'eau provenant de plus de 1100 stations échantillonnées. Les résultats font ressortir une très grande sensibilité aux précipitations acides dans le sud-ouest de la Nouvelle-Ecosse, dans certaines parties de l'île du Cap-Breton et dans la plus grande partie de Terre-Neuve et du Labrador. Les analyses montrent que, dans les régions vulnérables de la Nouvelle-Écosse et de Terre-Neuve, l'eau de surface a un pH généralement faible, tandis qu'au Labrador, ce n'est pas le cas.

Abstract

Average pH and acid sensitivity contours were estimated from water quality data collected at over 1100 sites in the Atlantic Provinces. Results indicate very high sensitivity to acid precipitation in southwest Nova Scotia, parts of Cape Breton, and most of Newfoundland and Labrador. Surface water pH results show that acid-sensitive areas in Nova Scotia and Newfoundland have generally low pH levels, whereas those in Labrador retain high levels.

Sensibilité des provinces de l'Atlantique aux précipitations acides

T.A. Clair, J.P. Witteman et S.H. Whitlow

INTRODUCTION

Les provinces de l'Atlantique reçoivent des apports croissants d'acidité, sous forme d'oxydes de soufre et d'azote, en provenance surtout des Etats-Unis ou du centre du Canada. De plus, on a démontré la contribution des sources locales (Watt et al., 1979). Shaw (1979) a mesuré jusqu'à 9 mg/L de sulfates dans de l'eau de pluie de même que des pH de 4.0 à 4.5.

Les effets des précipitations acides sur les eaux de surface dépendent de la composition du sol et du soubassement dans le bassin versant. Les composés chimiques qui confèrent un pouvoir tampon à un bassin hydrographique sont principalement les constituants calcaires des sédiments et du soubassement, les oxydes d'aluminium, de fer et de manganèse ainsi que les acides organiques. Les substances tampons non carbonatées agissent par adsorption des ions H^+ sur les oxydes, les silicates et les autres accepteurs de protons, mais leur pouvoir tampon est bien inférieur à celui des matériaux calcaires (Kramer, 1978). Le pouvoir tampon d'un bassin est donc déterminé par la minéralogie sédimentaire du soubassement et par la répartition des dépôts dans la couverture glaciaire non consolidée (Kramer, 1976).

Beaucoup de cours d'eau de la Région de l'Atlantique naissent dans des types de roches qui n'ont qu'un faible pouvoir tampon. Dans la plupart des secteurs, le till glaciaire est relativement mince et est pauvre en matériaux calcaires. Les sols recouvrant une grande partie de la région sont des podzols à pH de 5 à 6 qui possèdent un faible pourcentage de matériaux organiques ainsi qu'un faible pouvoir tampon. Les secteurs qui possèdent de telles caractéristiques sont donc particulièrement vulnérables après une exposition prolongée aux précipitations acides.

Pour bien gérer et étudier les ressources en eaux douces des provinces de l'Atlantique, il faut identifier les secteurs les plus sensibles aux apports acides, dont il faut également connaître le pH. La présente publication identifie ces zones menacées.

METHODES

Pour mesurer la vulnérabilité relative des eaux de surface à l'acidification, nous avons employé l'indice de saturation en calcite (ISC) (Langelier, 1936; Larsen et Buswell, 1942; Direction de la qualité des eaux, 1980), qui mesure la solubilité du carbonate de calcium et prédit la nature corrosive de l'eau ou son aptitude à favoriser l'entartrage dans diverses conditions. Nous utiliserons cet indice pour estimer l'aptitude des eaux naturelles exposées aux précipitation acides à s'acidifier. L'indice de saturation en calcite se calcule comme suit:

$$ISC = pH + \log(Ca^{++}) + \log(Alc) - pK2 + pKs - 9.3 - 2.5\,u/(1 + 5.3\,u + 5.5) \quad (1)$$

où "(Ca^{++})" est la concentration d'ions de calcium, en mg/L; "(Alc)"

est l'alcalinité totale, en mg/L, sous forme de $CaCO_3$; "K2" est la deuxième constante de dissociation de l'acide carbonique; "Ks" est la constante de solubilité de $CaCO_3$ et "u" est la force ionique de la solution. Les constantes "K2" et "Ks" dépendent de la température de l'eau selon les relations suivantes:

$$pK2 = 2902.4/(T + 273.2) - 6.498 + 0.02379(T + 273.2) \quad (2)$$

$$pKs = 8.37 - 1660/(T + 273.2) + 5.56 \quad (3)$$

où "T" est la température de l'eau en degrés Celsius. On calcule la force ionique, "u", par la relation simplifiée suivante:

$$u = 0.000025 \times (\text{matières dissoutes totales}) \quad (4)$$

D'après ces formules, un nombre négatif signifie que l'eau est sous-saturée en $CaCO_3$ et qu'elle est vulnérable aux précipitations acides. Plus le nombre est négatif, plus l'eau est vulnérable.

Pour chaque échantillon prélevé dans une station donnée, nous avons déterminé l'ISC lorsque les paramètres nécessaires aux calculs étaient connus. Pour chaque station, nous avons calculé la moyenne arithmétique et l'écart-type des ISC et, à partir des concentrations de H^+, des pH.

Les données dont nous nous sommes servis pour calculer l'ISC sont provenues principalement de la Banque de données sur la qualité des eaux (NAQUADAT) de la Direction de la qualité des eaux, à Ottawa. Depuis 1965, on stocke au NAQUADAT toutes les données des contrôles de la qualité de l'eau, selon leur provenance géographique précise. Nous avons utilisé les données sur les eaux de surface (cours d'eau, lacs et réservoirs) représentatives des conditions ambiantes, en excluant les données recueillies dans les zones qui subissent l'influence des marées, de l'exhaure des mines et d'autres sources de pollution. Les données recueillies avant 1977 devaient comprendre au moins trois ensembles distincts pour être acceptées. De plus, nous avons rejeté toutes les données d'une région si l'écart-type de la concentration des ions H^+ s'écartait de plus de 10 % de la moyenne. Cette restriction s'imposait par le fait qu'avant 1977, le contrôle de la qualité n'était pas aussi rigoureux qu'aujourd'hui. Nous avons accepté toutes les données recueillies après 1977, et, pour ces données récentes, des échantillons simples ont été jugés représentatifs de la qualité de l'eau à chaque station. En tout, nous avons choisi des données NAQUADAT provenant de 575 stations de la Région de l'Atlantique. Lorsqu'on n'avait pas indiqué tous les ions principaux, nous nous sommes servis de l'équation suivante (American Public Health Association, 1979) pour estimer la concentration des matières dissoutes totales (u):

$$\text{Matières dissoutes totales (mg/L)} = \text{Conductivité} \times 0.5. \quad (5)$$

La plupart des données NAQUADAT provenaient du Nouveau-Brunswick, de la Nouvelle-Ecosse et de l'Ile-du-Prince-Edouard; peu de Terre-Neuve et du Labrador; nous y avons donc suppléé au moyen de renseignements recueillis par Jamieson (1974, 1979) à 550 stations d'échantillonnage.

Du fait que les matières dissoutes totales représentent généralement moins de 100 mg/L dans les eaux douces de Terre-Neuve et du Labrador, leur concentration calculée n'influe que légèrement sur l'ISC.

Nous nous sommes servis d'un logiciel de traçage des courbes pour délimiter les zones de vulnérabilité relative et la répartition du pH, à partir des valeurs moyennes du pH et de l'alcalinité calculées pour chaque station.

RESULTATS ET DISCUSSION

Les figures 1 à 6 montrent les courbes des indices de saturation en calcite et du pH dans les provinces de l'Atlantique : on constate que les courbes du pH chevauchent partout celles des ISC, avec peu d'exceptions importantes.

L'Ile-du-Prince-Edouard et une grande partie de l'est du Nouveau-Brunswick sont bien tamponnés grâce à un soubassement de grès rouge-gris qui est riche en dépôts de carbonate de calcium (Ministère des Richesses naturelles du Nouveau-Brunswick, 1979) (fig. 1 et 2). Le nord-ouest du Nouveau-Brunswick renferme les zones les moins vulnérables de la Région car elles reposent sur des schistes dévoniens, du calcaire et des ardoises ordoviciennes. La partie la plus vulnérable de cette province est le sud-ouest où une formation de granites dévoniens correspond à des pH et à des ISC très faibles. Le bassin de la Lepreau occupe une grande partie de la zone de granite et possède les plus faibles pH de la province (Direction de la qualité des eaux, 1979). Jusqu'à ce jour, la plus grande partie du Nouveau-Brunswick et toute l'Ile-du-Prince-Edouard n'ont pas semblé avoir souffert des précipitations acides, quoique le sud-ouest du Nouveau-Brunswick semble très vulnérable et qu'il puisse exhiber certaines marques dans un proche avenir.

Les figures 1 et 2 montrent les courbes du pH et des ISC, respectivement en Nouvelle-Ecosse. On y constate d'emblée l'extrême vulnérabilité des eaux de surface du sud-ouest ainsi que les pH correspondants peu élevés. Les minimums des minimums (jusqu'à -7) sont les plus bas au Canada (Atlantique) et sont centrés sur une zone granitique. Une autre région fort vulnérable comprend les hautes-terres de l'Ile du Cap-Breton, dans le nord-est, région de monts granitiques. Toutefois, cette vulnérabilité décroît très rapidement vers l'ouest de l'Île. Le reste de la province, dont la roche-mère est composée d'ardoises, de grès ou d'évaporites (Ministère des Mines de la Nouvelle-Ecosse, 1965), semble peu vulnérable à l'acidité croissante.

L'examen du soubassement de Terre-Neuve (carte n° 1231A, Commission géologique du Canada) révèle une des géologies les plus compliquées en Amérique du Nord. Malheureusement, on n'y a échantillonné que 350 endroits (Jamieson, 1974), et on a prélevé relativement peu d'échantillons dans l'intérieur de l'île. Les cartes du pH et des ISC résultantes (fig. 3 et 4) montrent un système compliqué d'isoplèthes qui correspond généralement à la géologie de la surface. Comme en Nouvelle-Ecosse, les zones les plus vulnérables reposent sur une roche-mère granitique, tandis que les moins vulnérables reposent sur des couches de grès ou d'évaporites.

On s'est servi de 200 données (Jamieson, 1979) pour produire les cartes du pH et des ISC pour le Labrador (fig. 5 et 6). La géologie de la surface de cette vaste région est cependant simple, étant principalement formée de granites du Bouclier canadien avec peu de couverture. Des affleurements épars de basalte se trouvent surtout dans le Centre-Nord et l'Ouest (carte n° 1045A, Commission géologique du Canada). Les isoplèthes du pH et des ISC correspondent bien à la géologie, le gros du Labrador ayant des indices s'approchant de -4, bien que les valeurs du pH soient toutes supérieures à 6,0.

L'ISC étant de -3 ou moins (Conroy *et al.*, 1974), une grande partie de la Nouvelle-Ecosse, du Labrador et de Terre-Neuve est éminemment vulnérable aux précipitations acides, comme c'est le cas pour le sud-ouest du Nouveau-Brunswick; pourtant, le Labrador et Terre-Neuve semblent ne pas encore avoir souffert,

selon le modèle d'Henriksen (1979). Les pH des eaux de surface reflètent cela car ils atteignent des niveaux que l'on sait dangereusement faibles pour la faune uniquement dans le sud-ouest de la Nouvelle-Ecosse, dans l'île du Cap-Breton et dans certains endroits isolés de Terre-Neuve. Pour tout le Nouveau-Brunswick, toute l'Île-du-Prince-Edouard et tout le Labrador, le pH moyen de l'eau est supérieur à 5.5 et, sauf certaines rares occasions, ne suscite aucune inquiétude grave.

Comme on s'y attendait, les ISC correspondent bien à la géologie de la surface. Toutefois, la géologie à elle seule ne permet pas d'estimer exactement la vulnérabilité d'un bassin versant, car elle ne peut intégrer les effets connus de la végétation et de la couverture sur le changement de la composition ionique des précipitations et, finalement, des eaux de surface (Seip, 1980; Clesceri et Vasudevan, 1980). Les variations géologiques dans un bassin versant compliquent aussi l'interprétation de la vulnérabilité de ce bassin, de sorte que les ISC permettent uniquement de mieux délimiter les régions vulnérables aux précipitations acides.

La connaissance de l'emplacement des régions vulnérables peut servir aux gestionnaires à surveiller et à protéger l'eau là où elle en a le plus besoin, comme on le fait déjà dans le sud-ouest de la Nouvelle-Ecosse (Kerekes, 1980; Watt, 1981), dans le sud-ouest du Nouveau-Brunswick (Peterson, 1980), ainsi qu'à Terre-Neuve et au Labrador (W. Bruce, Ministère des Pêches et des Océans, communication personnelle).

REMERCIEMENTS

Les auteurs remercient MM. T.L. Pollock et J. Wiltshire pour leurs observations critiques, J. McCabe et R. Bingham pour leur aide en informatique, L. Boulter pour le travail de frappe ainsi que R. Howatt pour la perfection des cartes.

REFERENCES

American Public Health Association. 1979. Standard Methods for the *Examination of Water and Wastewater* 15th ed. APHA, Washington, D.C., p. 31.

Clesceri, N.L. et C. Vasudevan. 1980. Acid precipitation, throughfall chemistry and canopy processes, *In* Proc. Int. Conf. on Ecological Impact Acid Precipitation, D. Drablos et A. Tollan (éd.) Norway. pp. 258-259.

Conroy, N., D.S. Jeffries et J.R. Kramer. 1974. Acid shield lakes in the Sudbury, Ontario Region. Proc. 9th Symp. on Water Pollution Research in Canada, 9:45-61.

Henriksen, A. 1979. A simple approach for identifying and measuring acidification of freshwater. Na- ture, 278:542-545.

Jamieson, A. 1974. A water quality atlas for streams and lakes of insular Newfoundland. Fisheries and Marine Service Data Series No. NEW/D-74-4.

Jamieson, A. 1979. A water quality atlas for streams and lakes of Labrador. Fisheries and Marine Service Data Rep. No. 148.

Kerekes, J.J. 1980. Preliminary characterization of three lake basins sensitive to acid precipitation in Nova Scotia, Canada, In D. Drablos et A. Tollan Proc. Int. Conf. on Ecological Impact Acid precipitation (éd.), Norway, pp. 232-233.

Kramer, J.R. 1976. Geochemical and lithological factors in acid precipitation *In: Proc. 1st Int. Symp. on Acid Precipitation Forest Ecosystems*, L.S. Dochinger et T.A. Seliga (éd.) U.S.D.A., Forest Serv. Gen. Tech. Rep. NE-23, pp. 611-618.

Kramer, J.R. 1978. Acid precipitation, *In: Sulfur in the Environment, Part 1.* J.O. Nriagu (éd.), John Wiley & Sons, New York. pp. 325-370.

Langelier, W.F. 1936. The analytical control of anti-corrosion water treatment. J. Amer. Waterworks Assoc. 28:1500-1521.

Larsen, T.E. et A.M. Buswell. 1942. Calcium carbonate saturation index and alkalinity interpretations. J. Am. Waterworks Assoc. 34:1667-1684.

Peterson, R.H. 1980. Water chemistry of ten lakes in southern New Brunswick. Can. Tech. Rep. Fish. Aquatic Sci. No. 962.

Seip, H.M. 1980. Acidification of freshwater - sources and mechanisms. *In* Proc. Int. Conf. on Ecological Impact Acid Precipitation, D. Drablos, A. Tollan (éd.) Norway. pp. 358-36

Shaw, R.W. 1979. Acid precipitation in Atlantic Canada. Environ. Sci. Technol. 13:406-411.

Direction de la qualité des eaux. 1979. Water quality data for New Brunswick, 1961-1977. Direction générale des eaux intérieures, Environnement Canada, Ottawa.

Direction de la qualité des eaux. 1980. NAQUADAT Dictionary. Direction générale des eaux intérieures. Environnement Canada, Ottawa.

Watt, W.D. 1981. Present and potential effects of acid precipitation on Atlantic Salmon in Eastern Canada. Int. Atlantic Salmon Foundation Spec. Ser. No. 10, pp. 39-46.

Watt, W.D., D. Scott et S. Kay. 1979. Acidification and other chemical changes in Halifax county lakes after 21 years. Limnol. Oceanog. 24:1154-1161.

Figures

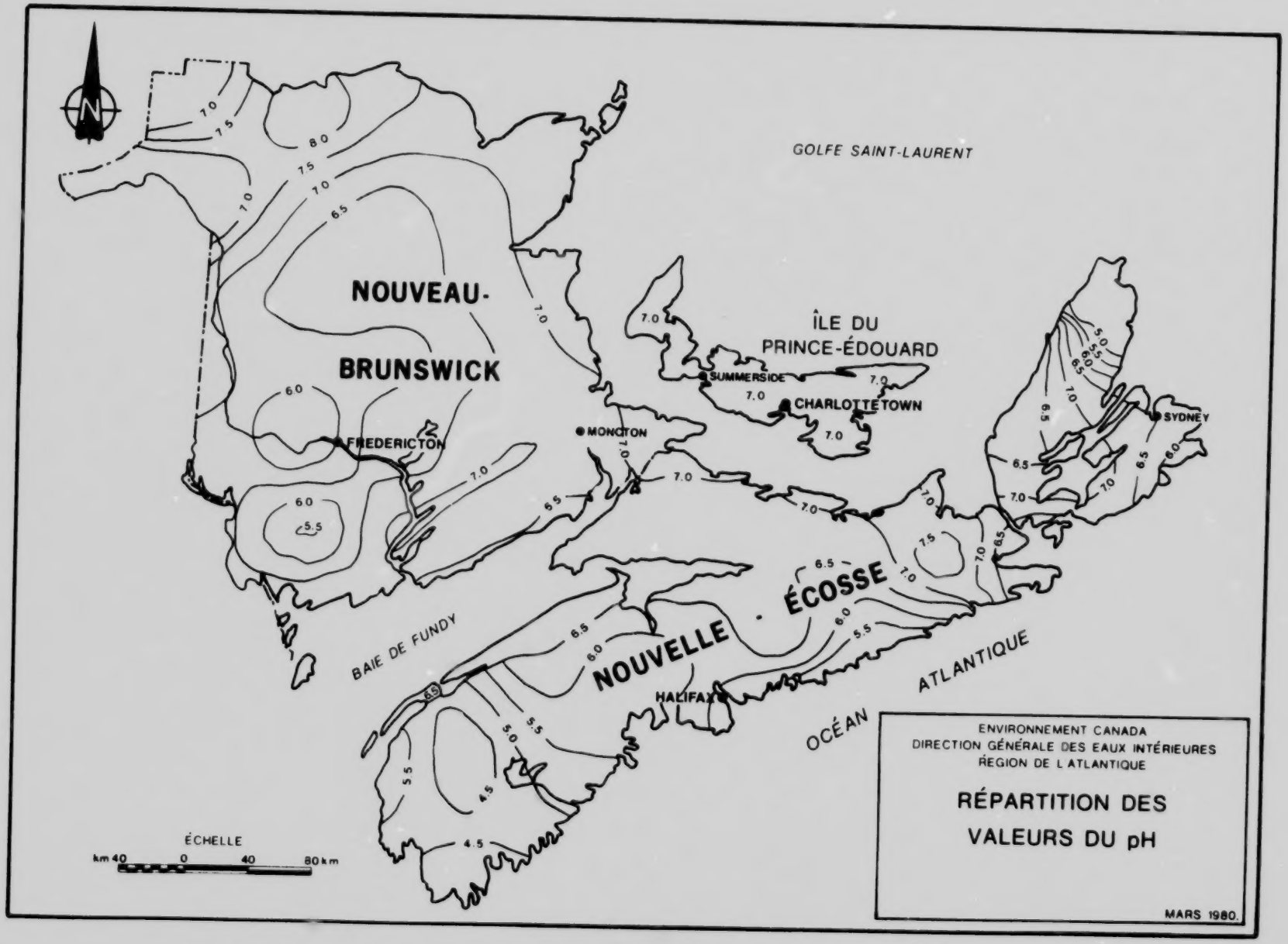


Figure 1. Isoplèthes du pH au Nouveau-Brunswick, en Nouvelle-Ecosse et dans l'Ile-du-Prince-Edouard.

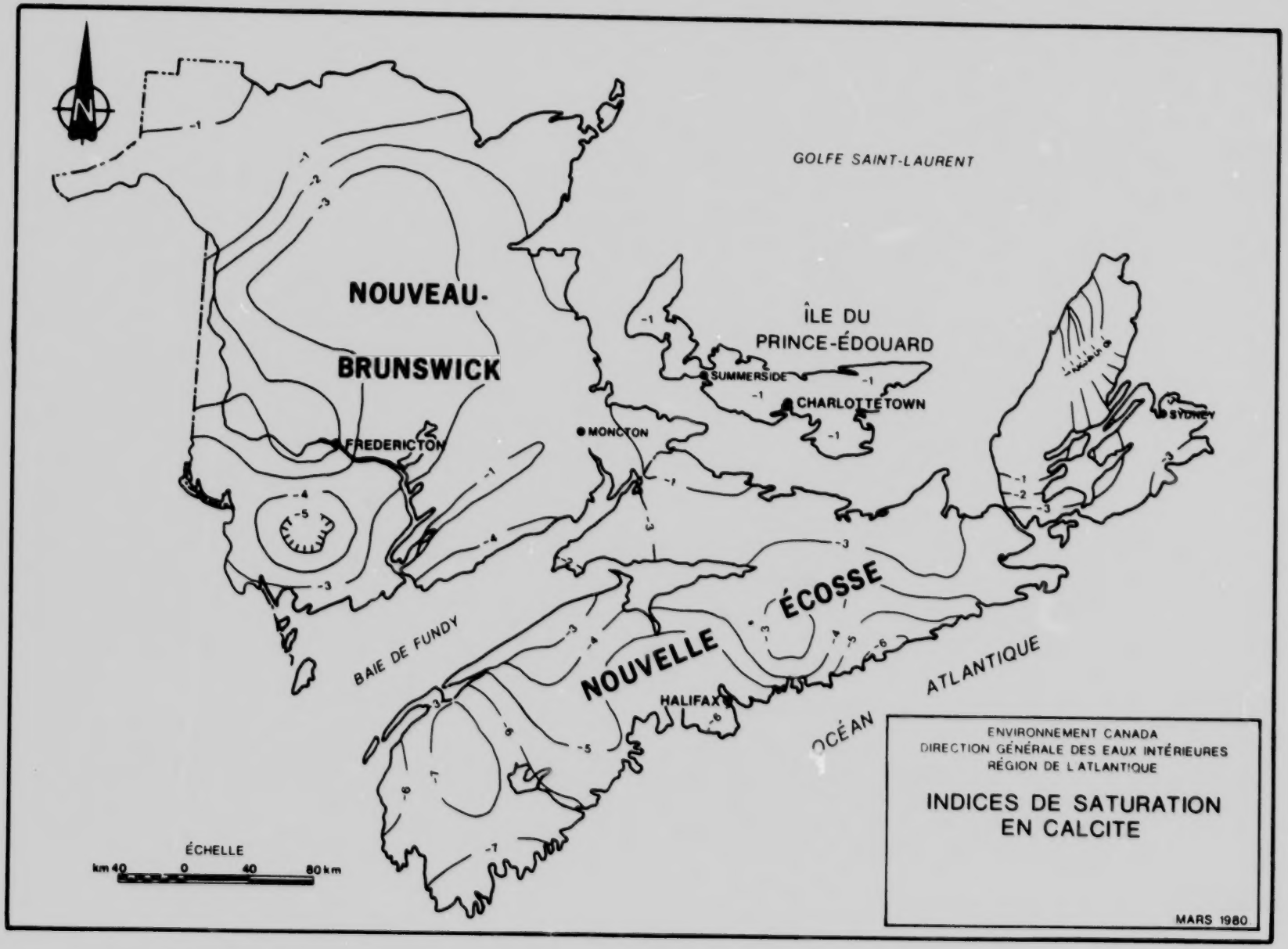


Figure 2. Indices de saturation en calcite au Nouveau-Brunswick, en Nouvelle-Ecosse et dans l'Ile-du-Prince-Edouard.

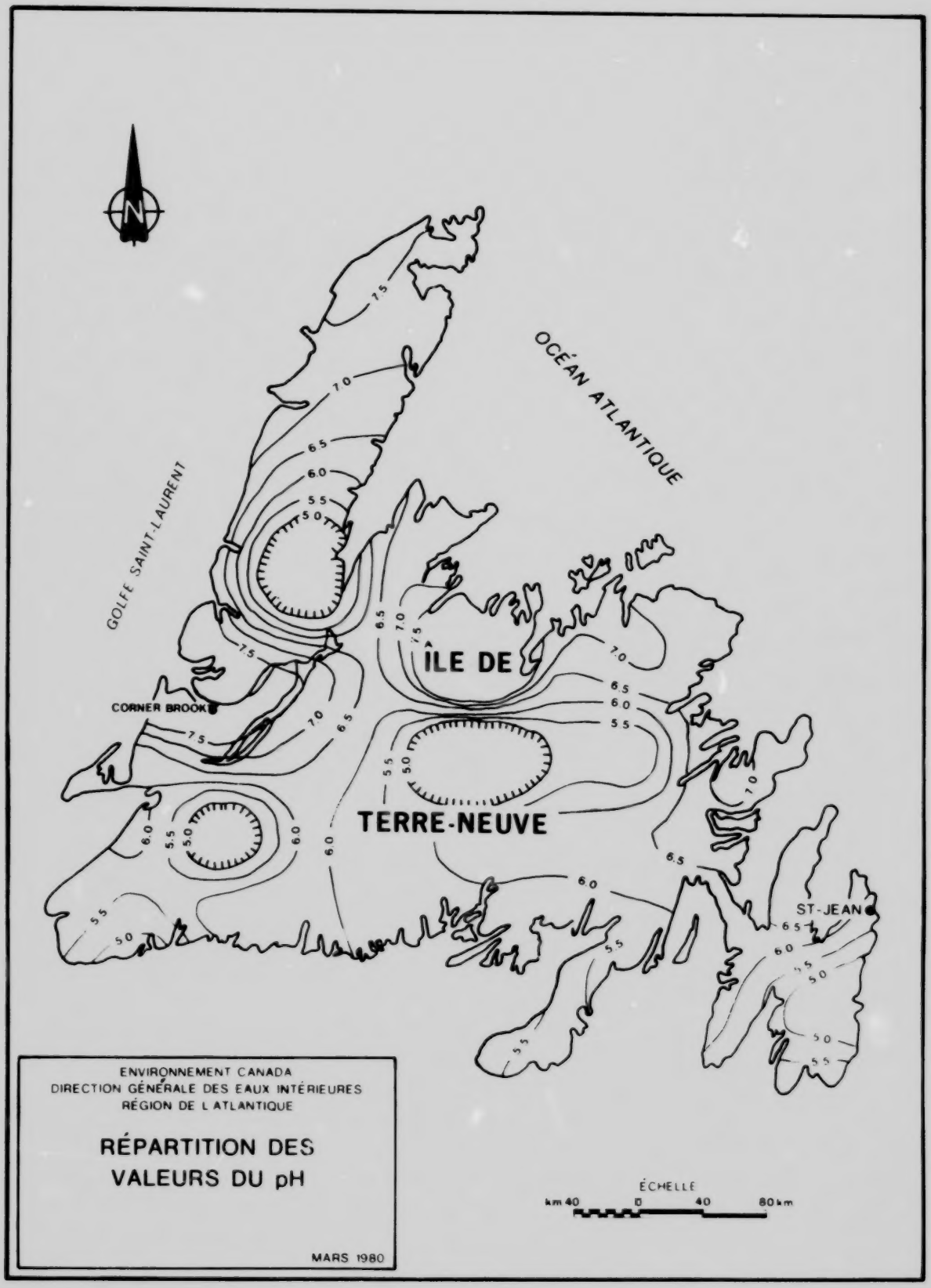


Figure 3. Isoplèthes du pH dans l'île de Terre-Neuve.

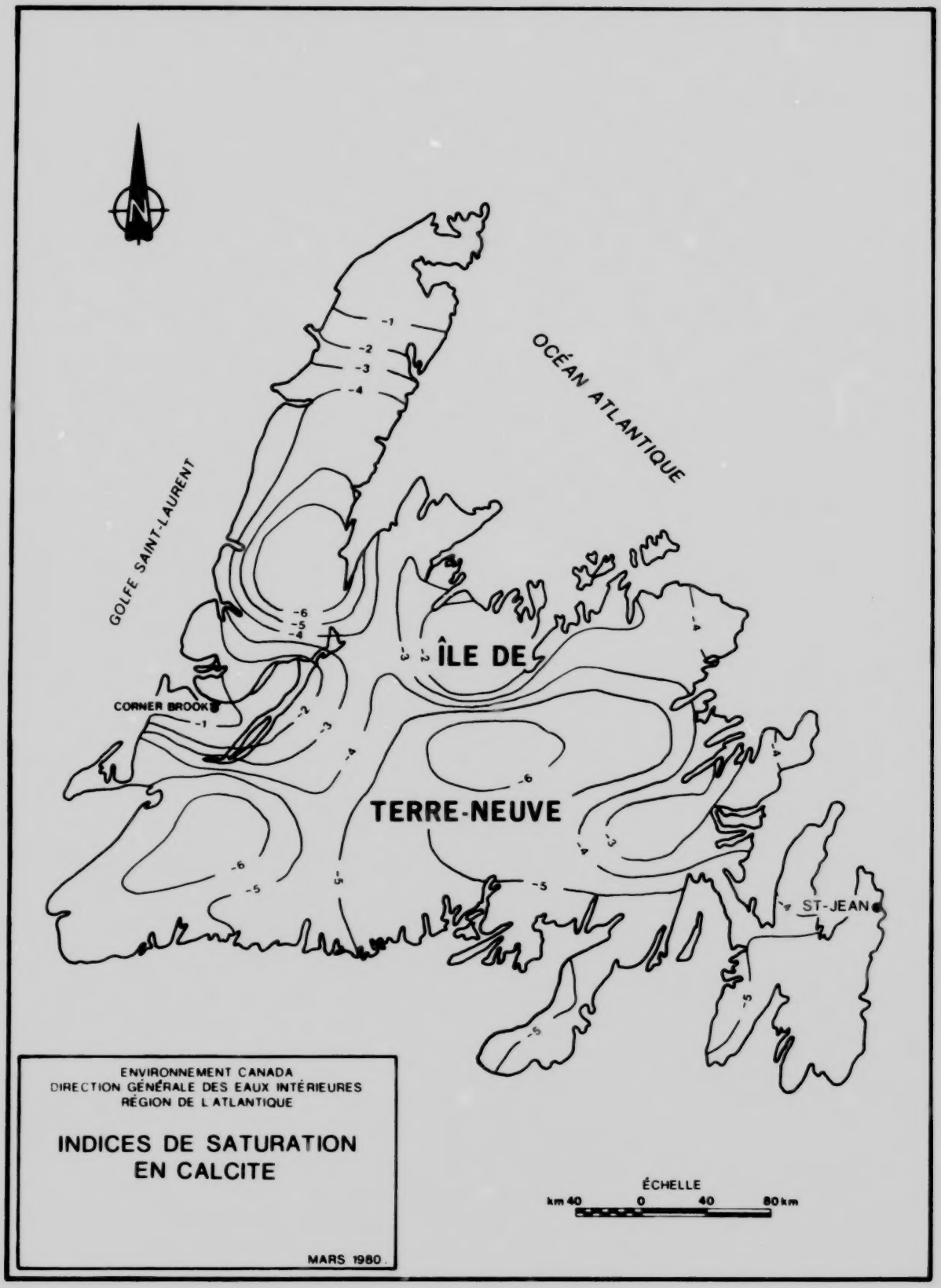


Figure 4. Indices de saturation en calcite dans l'île de Terre-Neuve.

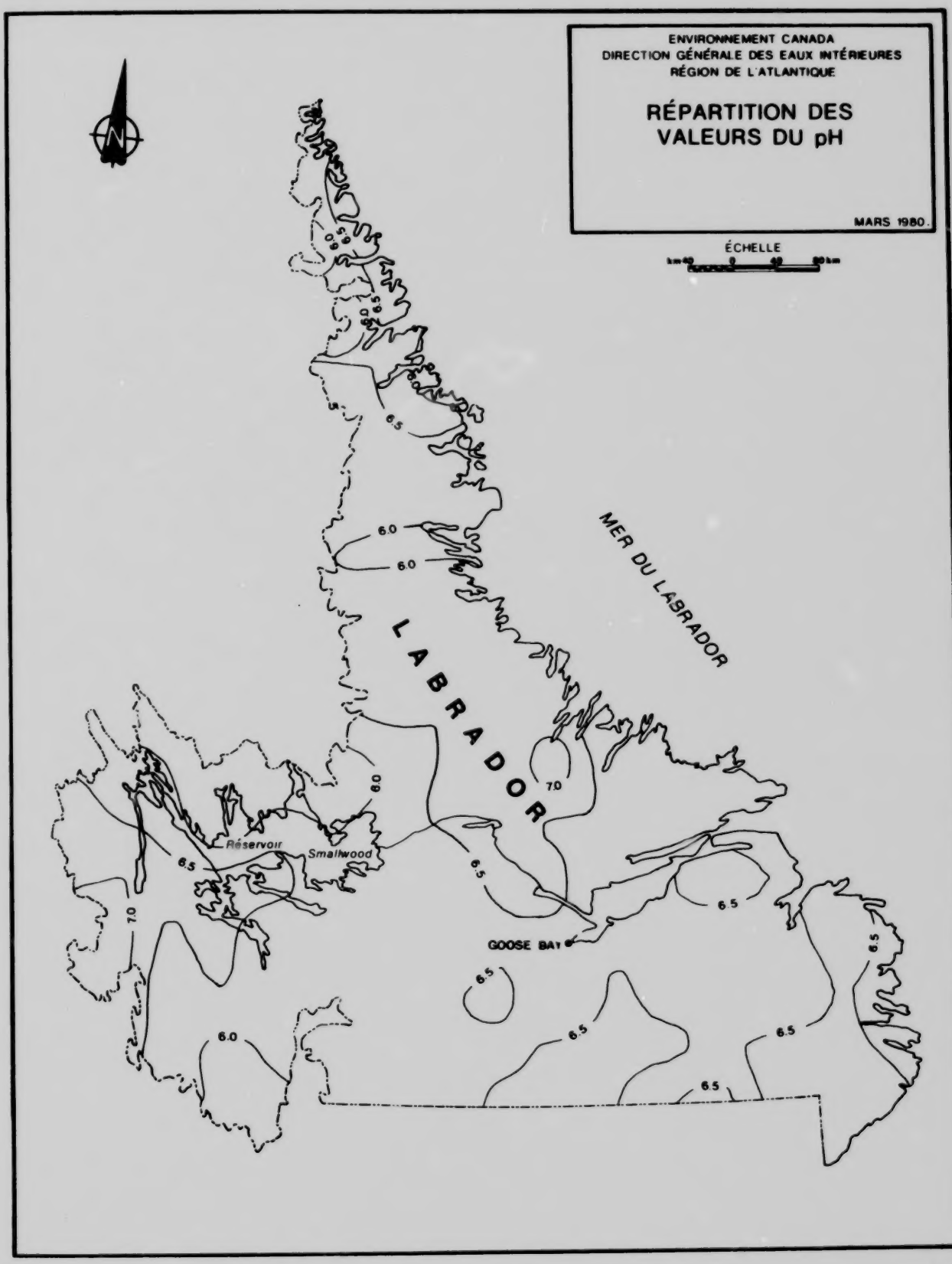


Figure 5. Isoplèthes du pH au Labrador.

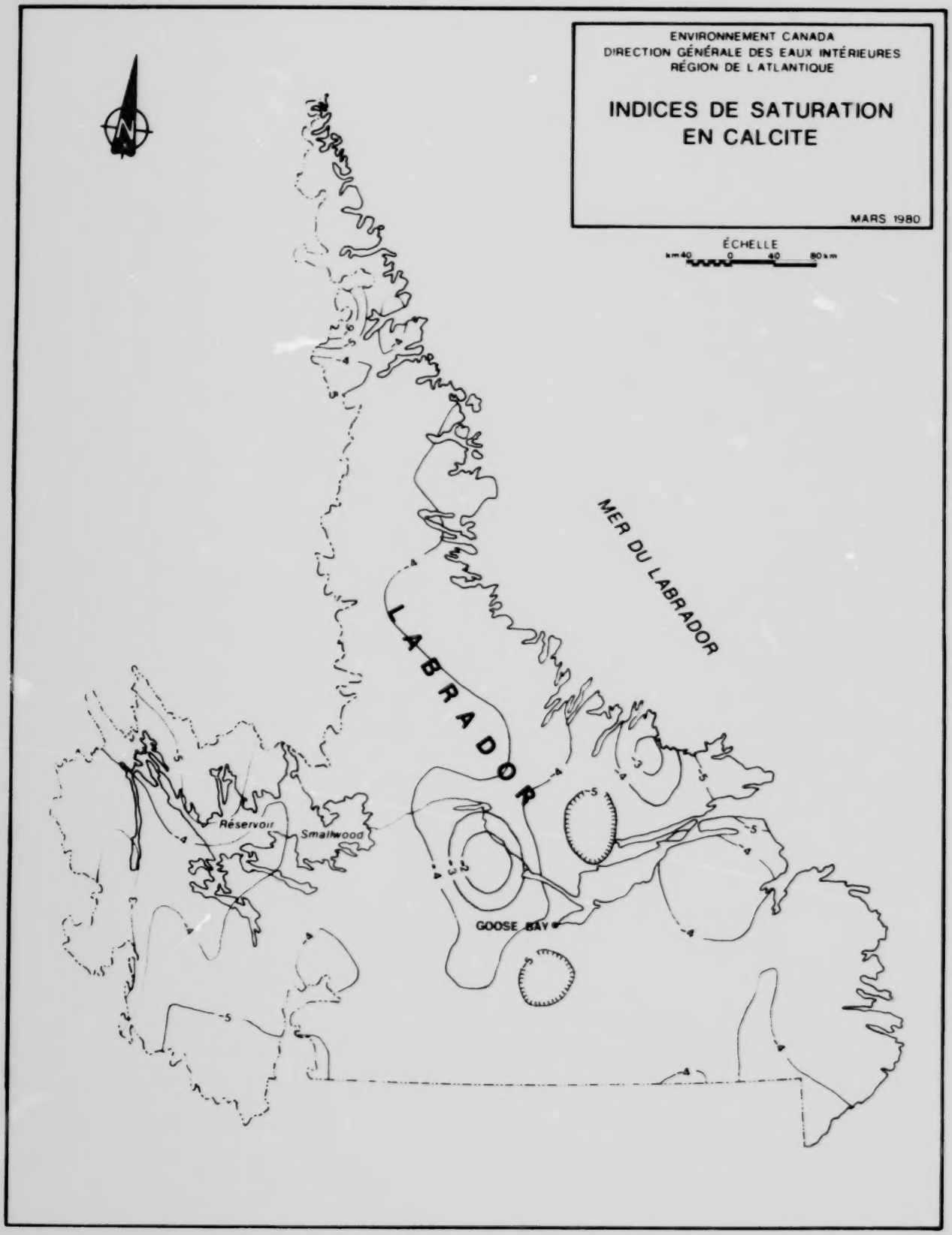


Figure 6. Indices de saturation en calcite au Labrador.

POOR

QUALITY

ORIGINAL